12

# ESTUDIOS DE LA CRECIDA

MARZO - ABRIL DE 1959

(Rincón del Bonete)

— R. U —

# LLUVIAS DE LOS MESES DE MARZO Y ABRIL DE 1959 Y SUS RELACIONES CON LA USINA HIDROELECTRICA DE RINCON DEL BONETE, REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

por

MANUEL SALLES
Ingeniero Civil

Jefe de la Oficina de Ingeniería Civil de Obras Hidroeléctricas de las Usinas Eléctricas y los Teléfonos del Estado (U.T.E.)

y

ALBERTO VAL
Ingeniero Civil

2º Jefe de la Oficina de Ingeniería Civil de Obras Hidroeléctricas de las Usinas ~~Eléctricas~~ y los Teléfonos del Estado (U.T.E.)

U. T. E. Oficina de Ingeniería Civil de Obras Hidroeléctricas
Montevideo.- República Oriental del Uruguay.-

# LLUVIAS DE MARZO Y ABRIL DE 1959 EN LA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY.-

## PRIMERA PARTE.-

## ESTUDIO DESCRIPTIVO

Por el Ingeniero Manuel Sallés.-

## P R O L O G O

Las excepcionalísimas lluvias caídas en el territorio uruguayo, así como en las provincias argentinas y estados brasileños que rodean al Uruguay se recordarán en la historia de estos paises por los valores extraordinarios de las mismas y por sus desastrosas consecuencias: inundaciones y pérdidas cuantiosas en la ganadería y agricultura.-

En lo que se refiere al Uruguay, la prensa de este país se ha ocupado intensamente en la difusión de los acontecimientos, de los daños causados acá y allá, de los desplazamientos de poblaciones enteras como la de Paso de los Toros, de la inundación de la Usina de Rincón del Bonete, etc..- En este trabajo nos referiremos solamente al aspecto técnico y en lo que tiene relación con esta Usina.-

## DIQUE Y USINA DE RINCON DEL BONETE

## G E N E R A L I D A D E S

DIQUE.- Fué construído entre los años 1938 y 1943, empleándose casi totalmente hormigón simple, con excepción de las losas de cimentación y elementos estructurales en que se empleó hormigón armado.-

El dique puede dividrse en tres zonas: la primera está frente a la usina y ahí se encuentran las cuatro entradas de agua para las turbinas, la segunda constituye el vertedero y la tercera

//

es el dique propiamente dicho de la margen izquierda.-

En las dos primeras zonas y partes adyacentes se empleó el tipo Noetzli de cabezas redondas; en el resto se adoptó el tipo de gravedad.- La longitud total del dique es de - 1.077,50 metros.-

En altura las dos primeras zonas se terminaron al nivel + 86,90 y el resto a + 84,30.- El lecho del río está a + 50,00 y el nivel normal del embalse es + 80,00.-

Los campos que contienen el lago en las proximidades de Bonete están al nivel + 85,00 aproximadamente, aunque en partes descienden hasta + 83,50 (en Bonete mismo) y + 80,00 donde se construyó el dique de tierra y piedra Nº 2 del que se hablará más adelante.-

VERTEDERO.- Se compone de 12 aberturas de 10,50 metros de ancho cada una, con umbral a + 76,00.- Las compuertas son planas, verticales y de 5 metros de altura, pudiendo llegar así el embalse hasta + 81,00.-

USINA.- El edificio usina, conteniendo los generadores e instalaciones de comando se ha construído totalmente independiente del dique y paralelamente aguas abajo del mismo.- Se han instalado cuatro grupos generadores de 32.000 KVA cada uno, de eje vertical y acoplados a turbinas tipo Kaplán.-

El acceso a la usina y a la instalación de bombeo está al nivel + 64,90.-

El piso de los generadores está más bajo, a + 60,95.-

## CONOCIMIENTO DE LAS LLUVIAS

Con este título queremos referirnos a cómo la Oficina de "Ingeniería Civil de Obras Hidroeléctricas" entra en conocimiento de las lluvias caídas y dentro de la brevedad posible.- Es así que al conocimiento pluviómetrico en el país se llega por los siguientes medios:

1º.- Por estaciones especialmente equipadas pertenecientes al Servicio Metereológico del Uruguay.-

2º.- Por estaciones pluviómetricas equipadas solamente con el pluviómetro e instaladas en:

//

//

a).- Comisarias del Interior, dependientes del Ministerio del Interior.-

b).- Estaciones del ferrocarril de la Administración de los Ferrocarriles del Estado (A.F.E.).-

c).- Centrales Teléfonicas situadas dentro de la cuenca del Río Negro, dependientes de esta Administración (U.T.E.).-

d).- Establecimientos de campo particulares equipados con aparatos radiotransmisores.-

e).- Localidades del Interior con obras portuarias dependientes de la Dirección de Hidrografía (Ministerio de Obras Públicas).-

Las informaciones recogidas en las estaciones pluviométricas son recibidas, dentro de lo posible, diariamente por la Oficina de "Ingeniería Civil de Obras Hidroeléctricas", aunque, en épocas de temporales, la gran mayoría de las informaciones no puede ser transmitida por el mal estado de las líneas de comunicación.- Solamente mantienen su eficacia las transmisiones radioteléfonicas, y en este sentido hace años que estamos tratando de aumentar por una parte el número de radioaficionados y por otra, de instalar aparatos transmisores de onda corta, los que se instalarán en puntos "llaves" de la cuenca del Río Negro.-

Dentro de ésta, y hasta la Usina de Rincón de Baygorria hay instalados 33 pluviómetros del Ministerio del Interior, 27 de la Administración de los Ferrocarriles del Estado, 15 de la Administración de las Usinas y los Teléfonos del Estado, 6 de radioaficionados, 2 del Servicio Metereológico del Uruguay y 1 de la Dirección de Hidrografía.- La ubicación y características de las estaciones pluviómetricas mencionadas anteriormente se indica en el plano adjunto Nº 5743 y en la planilla Nº 5955.-

Dentro de la cuenca del Río Negro se encuentra, en sus nacientes, parte del territorio de Río Grande del Sur, con área de 3.100 Km.$^2$.- Hasta el momento no recibimos informaciones de esta zona brasileña, aunque hemos estado recientemente en contacto con varios técnicos brasileños que nos han ofrecido enviarnos mensualmente esa información.-

## CRONOLOGIA DE LAS LLUVIAS

En el mes de Marzo de 1959 hubo lluvias bastante seguidas aunque no muy copiosas, pero con ellas se fueron saturando los campos y el subsuelo de modo que en las lluvias de Abril los coeficientes de escurrimiento fueron próximos a la unidad.- Refiriéndonos a la cuenca del Río Negro hasta Rincón de Baygorria la secuencia de las lluvias en el mes de Marzo fué como sigue:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Marzo | 6 | Llovió | 26,0 m.m. |
| " | 13 | " | 13,3 " |
| " | 16 y 17 | " | 15,8 " |
| " | 25 al 28 | " | 81,0 " |

Con estas últimas lluvias se inició el período de las inundaciones.-

Las lluvias de Abril fueron como sigue:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Abril | 3 al 5 | Llovió | 34,8 m.m. |
| " | 7 y 8 | " | 82,0 " |
| " | 9 | " | 65,4 " |
| " | 10 | " | 25,5 " |
| " | 11 al 14 | " | 104,0 " |
| " | 15 | " | 70,0 " |
| " | 16 | " | 94,7 " |
| " | 22 y 23 | " | 48,4 " |

Entre los días 25 de Marzo y 23 de Abril el total de las precipitaciones fué de 605,8 m.m..-

Además de las lluvias anteriores, pertenecientes a la cuenca del Río Negro, ocurrieron otras lluvias en las fechas y lugares siguientes:

| | |
|---|---|
| Marzo 31 | Llovió 30 m.m. en Soriano y Río Negro |
| Abril 1º | Lluvias aisladas en el Sur de la República |
| Abril 2 | Llovió hasta 100 m.m. localmente en Colonia |
| Abril 3 | Lluvias aisladas en el Sur |
| Abril 17 | Lluvias aisladas en el Sur |

//

## DISTRIBUCION DE LAS LLUVIAS

De acuerdo con las informaciones recibidas al día siguiente de cada lluvia se han preparado los siguientes conjuntos de planos:

1º.- Para toda la República los planos Nº 5952/1 al 16, con las informaciones de A.F.E..-

2º.- Para la cuenca del Río Negro, hasta Baygorria, los planos Nº 5953/1 al 9, en base a todas las informaciones recibidas.-

Con los elementos anteriores se puede observar que algunas de las lluvias fueron de carácter general, pero la mayoría de ellas no cubrieron todo el territorio sino más bien especialmente la zona norte y oeste del país.-

A efectos de tener una apreciación de conjunto de las lluvias del 25 de Marzo al 23 de Abril, se ha preparado el plano Nº 5952/17 en el que se han totalizado las lluvias de esta manera:

a) dentro del círculo se indican la suma de las lluvias, en m.m. de acuerdo a las informaciones recibidas en la Oficina de Ingeniería Civil, U.T.E., al día siguiente de producidas las lluvias.-

b) fuera del círculo se indica la suma de las lluvias, en m.m., correspondientes a los días que llovió pero que no se recibió la información.-

En cada caso se calculó el valor probable de lluvia en base a las informaciones recibidas de las otras estaciones pluviométricas.-

En dicho plano Nº 5952/17 se puede observar que la zona de máxima precipitación no se encuentra en el centro de la cuenca del Río Negro sino que está algo corrida hacia el N.O..-

En el plano Nº 5960 se ha supuesto la posibilidad de que el máximo de precipitaciones hubiera caído en la cuenca, para lo cual el sistema de isoyetas del plano Nº 5952/17 se ha corrido 65 Kms. hacia el S.E..- En estas condiciones las precipitaciones en la cuenca podrían haber aumentado casi en un 10%.-

//

## BREVE HISTORIA DE LOS SUCESOS

En Marzo se inició la sucesión de lluvias con un total desde el día 6 hasta fin de mes, de 136,1 m.m..- En Abril, entre el 5 y el 6 caen 34,8 m.m. más.- Abril 7 y 8 - comienza el período intenso de grandes lluvias, con 82 m.m. en esos días.- El lago con niveles próximos a + 79,00 va subiendo rápidamente estando cerrado el vertedero.-

Abril 9 - Llovió 65,4 m.m..- El lago sigue subiendo a razón de 1 cm. aproximadamente por hora.-

Abril 10 al 16 - Continua lloviendo todos los días totalizando 294,2 m.m..- El vertedero estuvo abierto entre los días 11, 12 y 13 con altura reducida, pasando a altura total el día 14.- El lago sigue en ascenso rápido, a pesar del desagüe por el vertedero y por las turbinas subiendo durante el día 16 a razón de 40 cms. por día.- Nivel a la hora 7 del día 17 : + 82,33.-

Abril 17 al 21 - En estos días no hubo nuevas precipitaciones, pero el lago continuó recibiendo los aportes de las lluvias anteriores.- El lago continua subiendo, aún a mayor ritmo que en días anteriores: el día 17 subió 48 cms., el día 18 subió 59 cms. y el día 19 subió 49 cms., teniendo éste día a la hora 7 el nivel + 83,40.-

Ante la inminencia de que el lago sobrepase el nivel de coronamiento del dique, se procedió de acuerdo a lo previsto a destruir una parte del terraplén que forma el dique lateral Nº 2.- En las horas de la tarde del 19 de abril, con el uso de maquinaria pesada y explosivos se destruyeron unos 50 metros de terraplén.- El pie de éste está a más o menos nivel + 80,00 y la cresta a + 85,00, de modo que, inmediatamente a la voladura, las aguas del lago se escaparon por la brecha abierta, yendo a dar otra vez al Río Negro, después de la vuelta del Rincón.-

El día 19 se abre otro escape al lago, por las nacientes de un gajo del Arroyo Alburquerque, en donde el campo tiene un cuello a + 83,30 aproximadamente.- Igualmente el lago comenzó a desbordar por la zona de la entrada en el propio Rincón del Bonete en el que el terreno está a la cota + 83,50 más o menos.-

//

Por su parte, los niveles del río, aguas abajo de la usina, van subiendo en forma alarmante, alcanzando el piso de galerías de cables conectados directamente al interior de la usina.- Se obturan con hormigón estas galerías.-

El día 20 el lago tiene a la hora 7 el nivel + 83,89 subiendo en 24 horas 54 cms..- Las turbinas se han retirado de servicio el día anterior y se advierte el inevitable desborde del lago por encima de las partes más bajas del dique que están al nivel + 84,30.- Esto sucedió alrededor de la hora 17.- A partir de este momento el río sube rápidamente, de modo que al día siguiente, 21 de abril cubre la explanada ( a + 64,90) e inunda la Usina, entrando el agua por la fila baja de ventanales.-

En las horas de la mañana, el personal de la Usina y sus familiares fueron evacuados de Rincón del Bonete.-

Abril 22 y 23 - Continua lloviendo con 48,4 m.m..- El lago alcanza el máximo el día 23 a la hora 10 con + 85,00, mientras que el río llega al máximo de + 67,90 o sean tres metros por encima de la explanada y casi siete metros por encima del piso de los generadores.-

## ESTUDIO DE LOS APORTES, ETC.

En la planilla Nº 5958 se han concentrado todos los elementos de la crecida: niveles del lago y del río; volumenes del embalse y sus incrementos volumítricos; desagües por turbinas, vertedero, sobre el dique, por la brecha del terraplén, por el campo en Alburquerque y en Bonete; y aportes totales al embalse.- Es interesante observar que mientras la capacidad del embalse hasta el nivel + 80,00 es de 8,972 Km.$^3$, los aportes recibidos entre el 6 de Abril y el 2 de Mayo llegaron a 16,992 Km.$^3$ o sea prácticamente el doble de la capacidad total del lago.- El aporte máximo llegó a los 17,317 m$^3$/seg. o posiblemente algo menos si se hubiera conocido, al hacer los cálculos el efecto de pantalla debido a las turbulencias en el salto hidráulico que repercuten en los vanos adyacentes.-

En el plano Nº 5956 se han graficado los niveles del lago, los aportes al lago y los desagües totales llegando estos prácticamente a 10.000 m$^3$/seg.

# ESTUDIO DE LA CRECIENTE DE ABRIL DE 1959 Y NUEVA DETERMINACION DE LA MAXIMA CRECIENTE MILENARIA EN RINCON DEL BONETE

Por el Ingeniero Alberto Val.-

Analizada la creciente de Abril de 1959 en todos sus detalles en el informe del Ingenieró Manuel Sallés, corresponde que la Oficina de Ingeniería Civil se aboque al análisis de dicha creciente del punto de vista hidráulico y como inmediata consecuencia, la nueva determinación de la máxima creciente milenaria para Rincón del Bonete.-

## Estudio de la creciente de Abril de 1959

En cuanto al estudio de la creciente de abril de 1959 motivada por una precipitación pluvial que alcanzó en el período comprendido entre el 25 de marzo y el 23 de abril de 1959, un total de 605.8 m.m. plano 5992/17, se realizó en la siguiente forma:

Se calculó en forma progresiva y con cada lluvia producida el hidrógrafo correspondiente acumulándolo con los que se producían debido a las lluvias anteriores y su suma dió lugar a la curva de aporte de la creciente total según se aprecia en el plano 5950.- Para ello se tuvo en cuenta el factor de escurrimiento que determina, del agua caída la que llega al embalse.-

El volumen de esta crecida alcanzó, determinado por éste método a 15.7 $Km^3$.-

Por otro lado, en base a los desagües calculados con las curvas dadas por los ensayos de modelos del vertedero, turbinas y los otros dintintos desagües producidos a través de el pueblo, de la Operación Terraplén y sobre el dique, se calculó el aporte total que llegaba día a día al embalse (planilla 5958) y eso dió lugar a otra curva de crecida que se ha dibujado también en el plano 5950 y que integrada da un volumen de 16.0 $Km^3$. que difiere muy poco de la crecida calculada por otro método.- Esto significa que los coeficientes de escurrimiento considerados son correctos.-

Como acotación al margen, se hizo en la Facultad de Ingenie-

//

por el vertedero de Bonete la cual dió caudales distintos que los calculados en 1933 en Alemania en el Laboratorio de Karlsruhe.- Esto significa que la curva de caudales aguas abajo no se ajusta a lo indicado en el plano de Rione 1961A y ha sido correguido en el plano 1961B en la Oficina de Ingeniería Civil, para lo cual se cuenta con los aforos realizados en Paso de los Toros durante los meses de mayo a julio de 1959.-

Además se realizaron aforos en Baygorria y en Paso del Puerto donde los caudales aforados llegaron a 12.000 $m^3$/seg.- Dichos aforos controlan y confirman los cálculos hechos sobre los desagües aguas abajo de Bonete.-

Otro aspecto que ha merecido la atención de esta Oficina es la verificación de la curva que da las superficies inundadas del lago en función del nivel para lo cual se ha sobrevolado la zona tomándose fotografías en donde se aprecia perfectamente el perímetro del lago para la máxima altura del lago.- Dicho estudio aerofotogramétrico no ha sido terminado aun.-

## Determinación de la crecida máxima hipotética

Para ello y teniendo en cuenta que las observaciones pluviométricas y las lecturas de escalas datan solamente de 50 años atrás se consideró que el mejor método para determinar la creciente máxima hipotética era el de año estación según se indica en "Hidrology" de Wisler y Brater.-

Dicho método sirve para determinar sobre la cuenca de Bonete en este caso, la lluvia máxima que puede caer en un período de 1000 años y en base a esa lluvia y con las peores condiciones de escurrimiento determinar la creciente máxima hipotética que servirá para dimensionar el vertedero y obras accesorias a realizar para evitar que se repitan los daños causados por la creciente del mes de Abril ppdo., ya sea en Rincón del Bonete, Baygorria o Paso del Puerto.-

Ahora bien, con los datos de pluviómetros distribuídos en el país (planos 5952) (1 al 16) y en particular en la cuenca de Bonete (plano 5953) se preparan en la Oficina de Ingeniería

//

//

Civil planillas que dan la previsión de la creciente que llegará al embalse con la antelación suficiente para tomar las medidas necesarias.- Dicho parte se prepara 8 horas después de que cesó la lluvia y se repite con las correcciones necesarias en caso de que siga lloviendo.- En esa forma se tabularon todos los datos de lluvias registrados en todas las estaciones de la cuenca de Bonete durante un período que se extiende desde 1912 a 1959; de todos estos datos se extrajeron los picos que se ordenaron según la planilla adjunta y en esa forma se tiene un total de años de observación de aproximadamente 1.500 años, lo que da como lluvia a esperarse en la cuenca de Bonete en 24 horas, una vez en 1.000 años, 320 m.m.- A efectos de tener una idea sobre lo que significa este valor, adjuntamos los valores máximos registrados en el Uruguay y en el resto del mundo.-

| | | |
|---|---|---|
| En 1 minuto | 7 m.m. | Colonia 1953 |
| En 10 minutos | 15 m.m. | " " |
| En 46 minutos | 74 m.m. | Baygorria 1956 |
| En 1 hora | 90 m.m. | Colonia 1953 |
| En 7 horas | 200 m.m. | " " |
| En 24 " | 244 m.m. | " " |

En el resto del mundo según datos suministrados por el Profesor J. Howe, de la Universidad de Iowa en U.S.A., los máximos son:

| | | |
|---|---|---|
| En 20 minutos | 200 m.m. | Rumania 1889 |
| En 40 minutos | 230 m.m. | Virginia (U.S.A.) 1906 |
| En 2 horas 10' | 470 m.m. | West Virginia (U.S.A.) 1889 |
| En 4 horas | 560 m.m. | India Occidental 1880 |
| En 24 " | 1100 m.m. | Islas Filipinas 1911 |
| En 4 días | 2550 m.m. | India 1876 |

Con el dato de la lluvia máxima de 320 m.m. se determinó la lluvia media correspondiente a ese pico, y que es de 230 m.m. para toda la cuenca de Bonete.- Se llegó a este valor estudiando en un período de 50 años la forma de las lluvias y la relación correspondiente entre el pico y el valor medio.- (1)

//

(1) Water Studies.- Flood Hidrology by Bureau of Reclamation.-

//

Una vez encontrado ese valor medio de lluvia se estimó en base a los datos recabados durante un período de 10 años (plano 5674), que el coeficiente de escurrimiento más desfavorable era de 90% y así se encontró el volumen correspondiente a esa lluvia milenaria.-

$Km^2$ 39200. (área de la cuenca) x 230 m.m. x 0.9 = 8.2.$Km^3$.

Para determinar ahora que hidrógrafo corresponde a este volumen de agua que llega al embalse es necesario conocer los hidrógrafos en varios puntos de la cuenca para lluvias de un mismo período de tiempo y deben ser, en lo posible, hidrógrafos que no se superpongan con los correspondientes a lluvias próximas.- Para ello y en el período de 1908 a 1959 se separaron todos los hidrógrafos producidos por lluvias cuyos picos fueran claramente distinguidos, aún cuando parte de los hidrógrafos se superpusieran, y así se llegó a determinar el hidrógrafo unitario que se puede aplicar a toda la cuenca del Río Negro dadas las condiciones de homogeneidad que posee dicha cuenca (plano 5686) y cuyo pico para el caso particular de Rincón del Bonete es de: Q = 9.400 $m^3$/seg.-

Para la determinación de este hidrógrafo se contó con lecturas de escalas que abarcan el período entre 1913 y 1959 en Paso Mazangano, Baygorria, Bonete, Paso del Borracho, San Gregorio, Paso Aguiar, Paso del Cerro, Manuel Díaz y Paso del Puerto.- En cuanto a la ubicación de estos pasos se puede ver el plano 5743.-

De acuerdo al criterio establecido la crecida de 9.400 $m^3$/seg. se ha de repetir a las 72 horas con la misma intensidad y 72 horas después se produciría otra crecida que es un 30% menor en intensidad.- Esto se ha hecho teniendo en cuenta el particular proceder de nuestros ríos que se caracterizan por la repetición de esas crecidas pronunciadas en plazos de tiempo relativamente cortos.- El plano 5957 muestra las crecidas más grandes registradas en el período 1888-1959 y además la intensidad de las lluvias que provocaron cada una de dichas

//

//

crecidas destacándose que la pendiente mayor es para la crecida del año 1959.- Se está estudiando también la frecuencia de períodos de lluvias de 20, 30 y 40 días para poder ajustar así el volumen de la creciente máxima hipotética, no así el pico de los caudales que depende de otras circunstancias y por lo tanto puede estimarse correcto el aquí dado.-

Al considerarse la crecida milenaria se ha supuesto también que aparte de un coeficiente de escurrimiento alto (90%) se ubique dicha lluvia con su centro de gravedad próximo al embalse para provocar el pico más rápido y más grande; además el desplazamiento de la tormenta se supone también hacia el embalse.- Además de esto se consideran las peores condiciones de evaporación, temperatura y humedad lo que significa un mayor margen de seguridad.-

Con todas estas consideraciones se dibujó en el plano 5686 la curva que da sumando las crecidas milenarias; la máxima crecida hipotética para Rincón del Bonete siendo el pico un caudal de 20.000 $m^3$/seg. y el volumen total de la crecida 22 $Km^3$.-

A efectos de aportar más información al respecto se consultaron algunos gráficos que dan la relación entre el área de la cuenca y caudal máximo (2) y se constataron los siguientes máximos:

| Cuenca de R. del Bonete | Caudal máximo de la crecida |
|---|---|
| 39.200 $Km^2$ | 16.400 (ríos del Este de U.S.A.) |
| " " " | 20.000 (ríos de todo U.S.A.) y frecuencia de 10.000 años.- |
| " " " | 18.000 (ríos de todo U.S.A.) y frecuencia de 1.000 años (ver Fig. 4-12 adjunta) |

En esta forma se observa que el caudal máximo previsto de 20.000 $m^3$/seg. en este estudio, se puede estimar correcto.- Además en ese período de 1.000 años se ha hecho coincidir la lluvia máxima hipotética con las peores condiciones de escurrimiento y la peor ubicación y traslado de dicha lluvia lo cual da un mayor margen de seguridad para este cálculo.-

Calculado el hidrógrafo unitario, definido como el hidrógrafo o relación entre el tiempo y gastos para una tormenta unitaria

//

//

cuya precipitación puede suponerse uniforme sobre la cuenca, en la cuenca de Rincón del Bonete, se puede determinar el hidrógrafo en cualquier otro punto mediante relaciones sencillas que vinculan las áreas, los caudales máximos y los anchos en unidades de tiempo de los respectivos hidrógrafos, siempre que las características de las cuencas sean similares.-

Siendo L el ancho del hidrógrafo, A el área de la cuenca y P el máximo caudal del hidrógrafo en 2 cuencas similares, la relación de los anchos es:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{\frac{1}{4}}$$

y la relación de los caudales es:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{3/4}$$

En esta forma se pueden establecer en forma aproximada los hidrógrafos en todos aquellos puntos de las cuencas en los que se piense construir una represa o un puente, problema que en este momento afecta fundamentalmente a nuestro país.-

## R E S U M E N

A través de lo expuesto surge la inconveniencia de aplicar método de probabilidades al cálculo de la crecida máxima hipotética para la determinación del vertedero de una represa determinada cuando el período de observaciones es tan corto como en nuestro caso.-

El método del año estación aquí aplicado parece confirmarse con los datos de las mayores crecidas ocurridas en U.S.A. y nos indica la necesidad de mejorar, ampliando, el vertedero de Bonete y de revisar los cálculos de Baygorria y Paso del Puerto.- Asimismo es objeto de revisión la curva de aforos de Bonete aguas abajo, así como la de Paso de los Toros donde se sugiere ubicar un control automático de lectura de escala que comunique a Bonete toda variación de lectura en forma instantánea.- También se deben completar las gestiones para procurar la ubicación de transmisores en escalas ubicadas estratégicamente en la cuenca de Bonete.- En cuanto a las observaciones

//
pluviométricas se debe seguir en la tarea de densificar aún más la colocación de pluviómetros y perfeccionar las líneas de comunicación para que esos datos lleguen regularmente cuando son más necesarios; es decir bajo las peores condiciones climatéricas.-

Constituye este estudio un trabajo previo al que seguirán estudios más completos a medida que los elementos de juicio necesarios sean recopilados.-

## B I B L I O G R A F I A


1.- Hydrology de Wisler y Brater.-

2.- Reports of consultingengineers and geologists.-

3.- Hydroelectric Handbook de Creager and Justin.-

4.- Saltos de Agua y Presas de Embalse de Gomez Navarro y José Juan Araul.-

5.- Floods in the United States.- Magnitude and frequency by Geological Survey Water.- Supply Paper 771.-

6.- Storm Rainfall of Eastern United States by the Engieniering Staff of the Districto-The Miami Conservancy District.-

7.- Water Studies.- Flood Hidrology by Bureau of Reclamation

8.- Standard proyect flood determinations by Department of the Army Office of the chief of Engineers.-

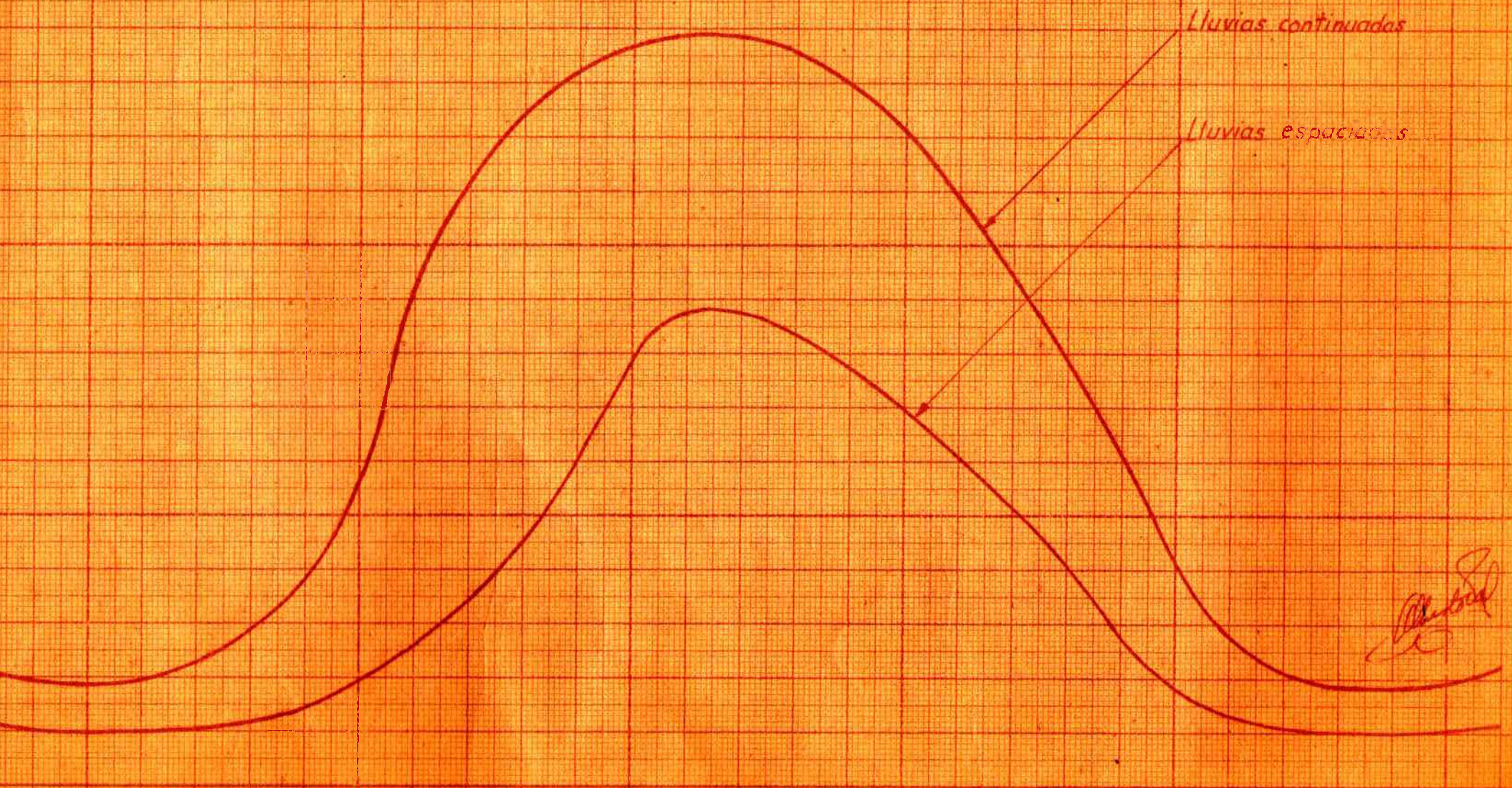
9.- Statistical Methods in Hydrology by Leo R. Bearc.-

# PLANILLA DE LLUVIAS MAXIMAS

| Estación Nº | Lluvia en m.m. | Fecha |
|---|---|---|
| 371 | 292 | Febrero de 1953 |
| 427 | 244 | Enero de 1941 |
| 430 | 235 | Abril de 1959 |
| 363 | 240 | Marzo de 1936 |
| 444 | 239 | Febrero de 1941 |
| 74 | 220 | Enero de 1912 |
| 436 | 218 | Enero de 1953 |
| 364 | 217 | Marzo de 1951 |
| 340 | 215 | Marzo de 1933 |
| 425 | 215 | Enero de 1942 |
| 439 | 214 | Enero de 1946 |
| 361 | 213 | Marzo de 1933 |
| 437 | 210 | Enero de 1941 |
| 368 | 207 | Febrero de 1941 |
| 392 | 206 | Febrero de 1932 |
| 426 | 205 | Enero de 1912 |
| 434 | 204 | Febrero de 1941 |
| 457 | 192 | Marzo de 1938 |
| 38 | 190 | Marzo de 1929 |
| 39 | 187 | Febrero de 1932 |
| 339 | 180 | Enero de 1950 |
| 391 | 179 | Febrero de 1932 |
| 75 | 178 | Febrero de 1932 |
| 369 | 177 | Febrero de 1937 |
| 317 | 176 | Abril de 1959 |
| 422 | 175 | Enero de 1953 |
| 424 | 171 | Febrero de 1941 |
| 498 | 170 | Marzo de 1938 |
| 405 | 168 | Setiembre de 1958 |
| 426 | 168 | Marzo de 1929 |
| 462 | 161 | Enero de 1938 |
| 406 | 160 | Marzo de 1950 |
| 406 | 160 | Marzo de 1953 |
| 430 | 159 | Marzo de 1950 |
| 433 | 156 | Febrero de 1936 |
| 440 | 156 | Enero de 1941 |
| 376 | 155 | Marzo de 1941 |
| 423 | 145 | Enero de 1953 |
| 407 | 142 | Marzo de 1929 |
| 465 | 139 | Enero de 1950 |
| 408 | 135 | Enero de 1941 |
| 463 | 130 | Marzo de 1938 |

en el periodo 1950-1955

Cuenca de R del Bonete




C.N. de Bruzzone 2 marzo 1956

5674

SERIE C Nº 4121 Hoja N.º

| NUMERO DE EXPEDIENTE | |
|---|---|
| Secretaría del Directorio | Gerencia División Servicios Generales |
| | |



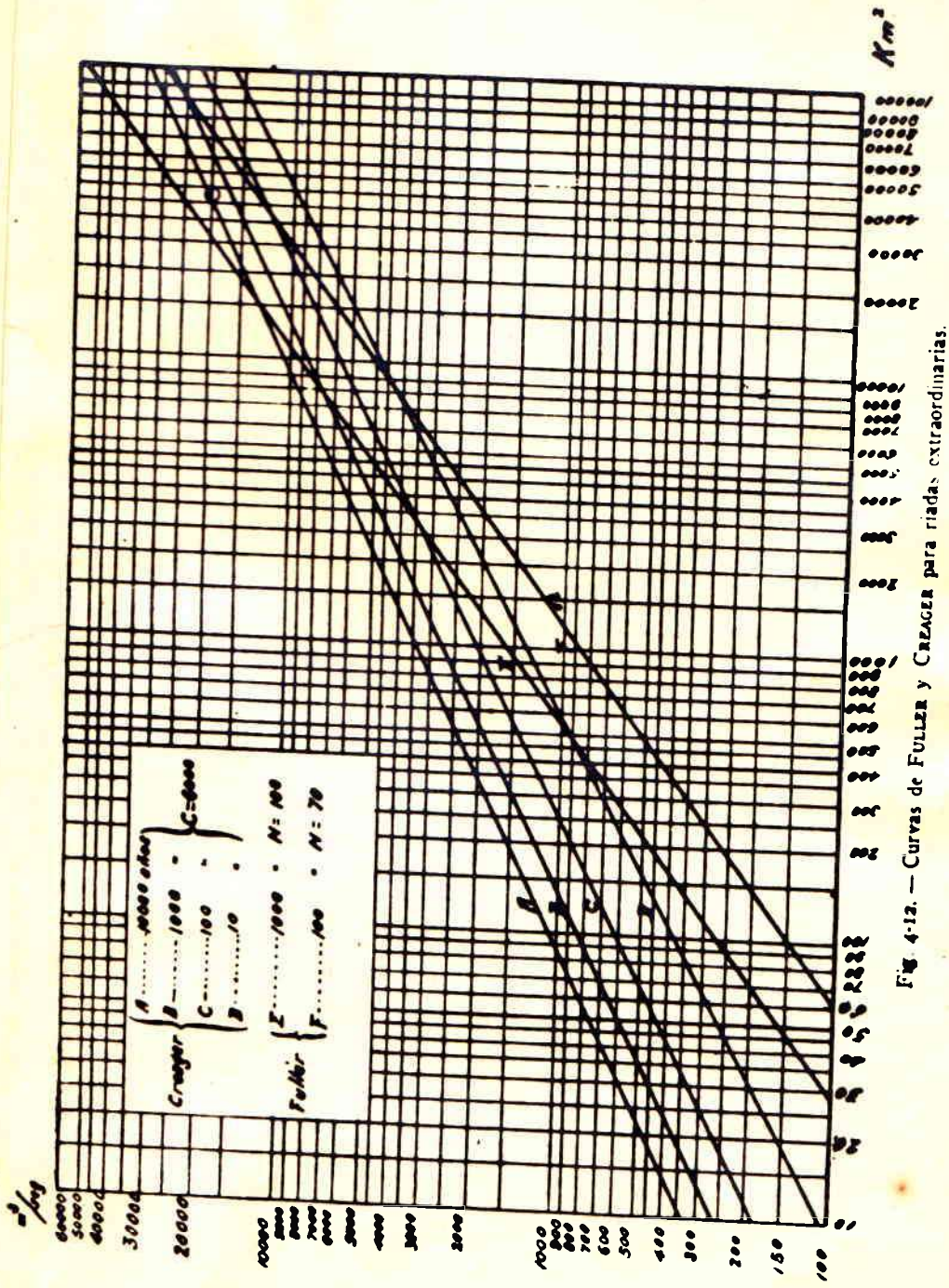




Fig. 4·12. — Curvas de FULLER y CREAGER para riadas extraordinarias.

Maxima Creciente hipotetica para Bonete. 39.200 Km². Q=20000 m³/s.

//

es el dique propiamente dicho de la margen izquierda.-

En las dos primeras zonas y partes adyacentes se empleó el tipo Noetzli de cabezas redondas; en el resto se adoptó el tipo de gravedad.- La longitud total del dique es de 1.077,50 metros.-

En altura las dos primeras zonas se terminaron al nivel + 86,90 y el resto a + 84,30.- El lecho del río está a + 50,00 y el nivel normal del embalse es + 80,00.-

Los campos que contienen el lago en las proximidades de Bonete están al nivel + 85,00 aproximadamente, aunque en partes descienden hasta + 83,50 (en Bonete mismo) y + 80,00 donde se construyó el dique de tierra y piedra Nº 2 del que se hablará más adelante.-

VERTEDERO.- Se compone de 12 aberturas de 10,50 metros de ancho cada una, con umbral a + 76,00.- Las compuertas son planas, verticales y de 5 metros de altura, pudiendo llegar así el embalse hasta + 81,00.-

USINA.- El edificio usina, conteniendo los generadores e instalaciones de comando se ha construído totalmente independiente del dique y paralelamente aguas abajo del mismo.- Se han instalado cuatro grupos generadores de 32.000 KVA cada uno, de eje vertical y acoplados a turbinas tipo Kaplán.-

El acceso a la usina y a la instalación de bombeo está al nivel + 64,90.-

El piso de los generadores está más bajo, a + 60,95.-

## CONOCIMIENTO DE LAS LLUVIAS

Con este título queremos referirnos a cómo la Oficina de "Ingeniería Civil de Obras Hidroeléctricas" entra en conocimiento de las lluvias caídas y dentro de la brevedad posible.- Es así que al conocimiento pluviómetrico en el país se llega por los siguientes medios:

1º.- Por estaciones especialmente equipadas pertenecientes al Servicio Metereológico del Uruguay.-

2º.- Por estaciones pluviómetricas equipadas solamente con